

Физика 9–11

Публикуемая ниже заметка «Кинематика точного курса» предназначена девятиклассникам, заметка «Печаль или радость» – десятиклассникам и «Эффективное напряжение в сети переменного тока» – одиннадцатиклассникам.

Кинематика точного курса

А. ЧЕРНОУЦАН

ЧТО ОБЩЕГО В ПОВЕДЕНИИ КАПИТАНА корабля, плывущего через океанские просторы, командира самолета, совершающего дальний перелет, или лодочника, пересекающего быструю реку на небольшой моторной лодке? Каждый из них должен решать сложнейшую навигационную задачу – выбрать оптимальный курс в условиях перемещения относительно движущейся среды (т.е. с учетом океанских и речных течений и переменчивых ветров).

Представьте себя для начала капитаном, приступающим к корректировке курса своего корабля. Конечно, первая (и весьма трудная!) задача – точно определить свои координаты в отсутствие каких-либо зрительных ориентиров. До изобретения радио и появления радиомаяков мореплавателям приходилось иногда дни и недели ждать, когда, наконец, откроется небо и можно будет с помощью Солнца и звезд узнать, куда тебя занесли ветры и течения, и весьма приблизительно нанести на карту свое местоположение. В наше время эта проблема существенно упростилась, и будем предполагать, что мы с ней успешно справились.

Что дальше? Обозначив на карте положение корабля, выбираем направление дальнейшего движения (в простейшем случае – точно на порт назначения, если только не надо обогнуть Бермудский треугольник или группу гигантских айсбергов). Кажется бы, осталось только отдать приказ – взять курс в этом направлении. Но нет, необходимо сначала посмотреть на карту океанских течений и, если надо, сделать соответствующую поправку. Скорость океанских и мор-

ских течений может быть не столь уж мала; к примеру, скорость знаменитого Гольфстрима достигает 10 км/ч. Как же сделать поправку на течение и определить точный курс?

Когда капитан указывает курс, рулевой поворотами руля устанавливает в этом направлении корпус корабля. (Более точно – в указанном направлении устанавливается горизонтальная ось корабля, т.е. линия, проведенная от середины кормы к носу.) Если бы не было течения, волн и ветра, то именно в этом направлении двигался бы корабль, причем со скоростью, соответствующей его ходовым характеристикам. Для каждого корабля существует индивидуальная зависимость его скорости в спокойной неподвижной воде от режима работы двигателя (от числа оборотов). Если же есть заметное течение, то скорость корабля оказывается иной как по величине, так и по направлению – корабль, как говорят, сносит течением.

Предположим для простоты, что ветер и волны отсутствуют, и перейдем в систему отсчета, связанную с движущейся водой, т.е. двигающуюся со скоростью течения. В этой системе вода неподвижна, а корабль движется точно вдоль своей оси с расчетной скоростью. Значит, именно этой относительной скоростью $\vec{v}_{\text{отн}}$ управляет капитан корабля, задавая курс и число оборотов двигателя. Скорость же корабля относительно берега \vec{v} определяется законом сложения скоростей:

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_B, \quad (1)$$

где \vec{v}_B – скорость воды (скорость течения).

Это векторное равенство означает, что указанные три скорости образуют треугольник (рис. 1). После определения (по карте) направления на порт

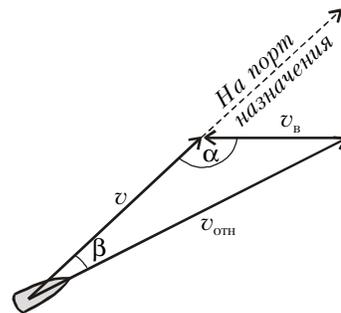


Рис. 1

назначения, т.е. направления скорости \vec{v} , и направления и величины скорости течения \vec{v}_B нам известны в этом треугольнике угол α и сторона v_B . Если капитан решает не менять число оборотов двигателя, то $v_{\text{отн}}$ тоже известна. Нам надо определить угол β – его называют углом сноса. Спроектировав равенство (1) на направление, перпендикулярное вектору \vec{v} , получим

$$0 = v_{\text{отн}} \sin \beta - v_B \sin \alpha, \quad (2)$$

откуда и находим угол β . Например, если скорость хода 30 км/ч, а скорость течения равна 4 км/ч и составляет с направлением движения угол 120° , то угол сноса составит приблизительно $6,5^\circ$.

Чтобы узнать, с какой скоростью v мы приближаемся к цели, спроектируем равенство (1) на направление вектора \vec{v} и найдем

$$v = v_{\text{отн}} \cos \beta + v_B \cos \alpha. \quad (3)$$

Подставляя численные данные для разобранного примера, получим, что скорость v равна примерно 27,8 км/ч.

Впрочем, можно поставить задачу немного иначе. Если задаться целью прибыть в порт назначения точно в срок, то надо поддерживать скорость движения v постоянной. Необходимую для этого $v_{\text{отн}}$ можно найти из теоремы косинусов:

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + v_B^2 - 2v v_B \cos \alpha}, \quad (4)$$

после чего можно по формуле (2) определить угол сноса β . Так, в нашем примере для поддержания скорости корабля 30 км/ч надо увеличить число оборотов так, чтобы относительная скорость равнялась 32,2 км/ч, а угол сноса сделать равным примерно $6,2^\circ$.